

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号  
特表2002-516540  
(P2002-516540A)

(43) 公表日 平成14年6月4日 (2002.6.4)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 4 N 11/04		H 0 4 N 11/04	Z 5 C 0 5 7
1/41		1/41	B 5 C 0 5 9
7/30		7/133	Z 5 C 0 7 8

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 39 頁)

(21) 出願番号 特願2000-550279(P2000-550279)  
 (86) (22) 出願日 平成11年5月13日 (1999.5.13)  
 (85) 翻訳文提出日 平成12年11月21日 (2000.11.21)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US99/10605  
 (87) 国際公開番号 WO99/60793  
 (87) 国際公開日 平成11年11月25日 (1999.11.25)  
 (31) 優先権主張番号 09/083, 383  
 (32) 優先日 平成10年5月21日 (1998.5.21)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

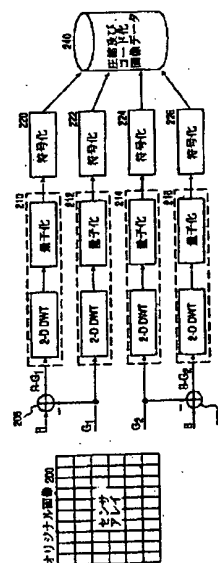
(71) 出願人 インテル・コーポレーション  
 アメリカ合衆国 95052 カリフォルニア  
 州・サンタクララ・ミッション カレッジ  
 ブレーバード・2200  
 (72) 発明者 アチャーリヤ, ティンク  
 アメリカ合衆国・85283・アリゾナ州・テ  
 ンペ・サウス ロバーツ ロード・7292  
 (72) 発明者 カラム, リナ・ジェイ  
 アメリカ合衆国・85044・アリゾナ州・フ  
 ェニックス・イースト バイドモント ロ  
 ード・4619  
 (74) 代理人 弁理士 山川 政樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 知覚的に無損失の画像をもたらす2次元離散ウェーブレット変換に基づくカラー画像の圧縮

## (57) 【要約】

カラー・プレーン別別チャンネル (R-G1、B-G2) を含む複数のチャンネル (R、G1、G2、B) に生画像データ (200) を分割することと、次に2次元離散ウェーブレット変換 (210、212、214、216) を使用してこれらのチャンネルのそれぞれを別々に圧縮し、その圧縮が量子化を使用することを含み、それにより、圧縮チャンネルデータの圧縮解除が知覚的に無損失の画像をもたらすコーディング方法および装置。この方法および装置は、そのパイル・パターン形式になっている画像を直接操作する。処理するチャンネルおよびDWT副帯に応じて変動可能な量子化しきい値が量子化のために定義される。



**【特許請求の範囲】**

**【請求項1】** 生画像データに基づくカラー・プレーン間の相関関係を利用するカラー・プレーン弁別チャンネルを含む複数のチャンネルに前記生画像データを分割するステップと、

2次元離散ウェーブレット変換を使用して前記チャンネルのそれぞれを別々に量子化を利用した圧縮を行うステップを含み、

前記チャンネル・データの圧縮解除が知覚的に無損失の画像をもたらす方法。

**【請求項2】** 分割するステップが、

第1のカラー・チャンネルおよび第2のカラー・チャンネルになるように第1のカラー・プレーンを配置するステップと、

第2のカラー・プレーンに関連する値から、前記第1のカラー・チャンネルを区別する第1の弁別チャンネルを生成するステップと、

第3のカラー・プレーンに関連する値から、前記第2のカラー・チャンネルを区別する第2の弁別チャンネルを生成するステップとを含み、前記第1のカラー・プレーンが前記第2または第3のカラー・プレーンに関連する値の2倍の数の関連値を有する請求項1記載の方法。

**【請求項3】** 前記第1のカラー・プレーンが緑である請求項2記載の方法

。

**【請求項4】** 前記第2のカラー・プレーンが赤である請求項2記載の方法

。

**【請求項5】** 前記第3のカラー・プレーンが青である請求項2記載の方法

。

**【請求項6】** 前記生画像データがバイエル・パターンとして配置されている請求項2記載の方法。

**【請求項7】** 第1のカラー・チャンネルの前記値がバイエル・パターンの第1の行に位置し、第2のカラー・チャンネルの値がバイエル・パターンの第2の行に位置し、前記第2の行が前記第1の行の直後に続く請求項6記載の方法。

**【請求項8】** 圧縮するステップが、

各チャンネルごとに2次元離散ウェーブレット変換である2次元離散ウェーブレ

ット変換を実行し、それにより各チャンネルごとに、特徴的なチャンネル情報を含むLL副帯を含む1組の副帯を生成するステップであって、この実行が1つのレベルの2次元離散ウェーブレット変換を構成するステップと、

さらに分解が必要な場合に、前のレベルで生成された各チャンネルのLL副帯について2次元離散ウェーブレット変換を実行し、それにより4つの新しい副帯を生成し、追加レベルの2次元離散ウェーブレット変換を構成するステップと、

各レベルの2次元離散ウェーブレット変換の前記副帯を量子化し、各レベルの前記各チャンネル内の前記各副帯ごとに別々の量子化しきい値が定義されるステップとを含む請求項1記載の方法。

【請求項9】 圧縮するステップが、

各チャンネルごとに2次元離散ウェーブレット変換を実行し、それにより各チャンネルごとに、特徴的なチャンネル情報を含むLL副帯を含む1組の副帯を生成するステップであって、前記変換が量子化しきい値によって変更されたフィルタ処理係数を含み、前記しきい値が各副帯の各チャンネルごとに定義され、この実行が1つのレベルの2次元離散ウェーブレット変換を構成するステップと、

さらに分解が必要な場合に、前のレベルで生成されたLL副帯の各チャンネルについて2次元離散ウェーブレット変換を実行し、それにより4つの新しい副帯を生成し、追加レベルの2次元離散ウェーブレット変換を構成するステップとを含む請求項1記載の方法。

【請求項10】 2次元離散ウェーブレット変換を実行するステップが、

行単位で1次元離散ウェーブレット変換を実行して、それから「L」帯域および「H」帯域を生成するステップと、

前記「L」帯域および「H」帯域をマトリックス転置するステップと、

「L」帯域および「H」帯域について列単位で1次元離散ウェーブレット変換を実行して、それからLL副帯、LH副帯、HL副帯、HH副帯を生成するステップとを含む請求項8記載の方法。

【請求項11】 量子化するステップが、

各チャンネルの各副帯内の値のそれぞれを対応する量子化しきい値で割るステップと、

前記副帯および前記チャンネルからの値の量子化バージョンをもたらすよう前記除算の結果を最も近い整数に丸めるステップとを含む請求項 8 記載の方法。

【請求項 1 2】 フィルタ処理係数の高域または低域特性に応じてフィルタ処理係数の変更が変動する請求項 9 記載の方法。

【請求項 1 3】 画像を処理するための装置であって、

前記画像からカラー弁別チャンネルとカラー・チャンネルの両方を生成するように構成されたチャンネル・ジェネレータと、

前記チャンネル・ジェネレータに結合され、このチャンネル・ジェネレータによって生成された各チャンネルを含む圧縮ユニットとを含み、前記圧縮チャンネルの圧縮解除が前記画像の知覚的に無損失のバージョンをもたらす装置。

【請求項 1 4】 前記圧縮ユニットが、

各チャンネルごとに作用するとともに低域通過副帯を含む 1 組の副帯出力を各チャンネル毎に生成するよう構成された 2 次元離散ウェーブレット変換モジュールを含む請求項 1 3 記載の装置。

【請求項 1 5】 前記圧縮ユニットが、

前記各 2 次元離散ウェーブレット変換モジュールに結合され、この 2 次元離散ウェーブレット変換モジュールからの 1 組の可能な出力値をそのサブセットにマッピングする量子化ユニットであって、前記マッピングが各チャンネルの各副帯ごとに変動する量子化ユニットをさらに含む請求項 1 4 記載の装置。

【請求項 1 6】 前記各 2 次元離散ウェーブレット変換モジュールが量子化しきい値変更フィルタ処理係数を使用し、前記量子化しきい値変更が特定の副帯、チャンネル、およびフィルタ処理係数の特性に応じて変動する請求項 1 4 記載の装置。

【請求項 1 7】 前記 2 次元離散ウェーブレット変換モジュールが、

行単位の DWT を実行してそれにより「L」および「H」帯域を生成するように構成された第 1 の 1 次元離散ウェーブレット変換モジュールと、

前記「L」および「H」帯域を受け取るために前記第 1 の 1 次元離散ウェーブレット変換モジュールに結合され、チャンネル・データ内の列に関して行を転置するように構成されたマトリックス・トランスポーザと、

前記転置した「L」および「H」帯域データを受け取るために結合され、列単位のDWTを実行するために前記データを操作し、それにより前記LL副帯と、LH副帯、HL副帯、HH副帯を含む完全なDWTレベルを生成するように構成された第2の1次元離散ウェーブレット変換モジュールとを含む請求項14記載の装置。

【請求項18】 圧縮するステップが、

各チャンネルごとに2次元離散ウェーブレット変換を実行し、それにより各チャンネルごとに1組の副帯を生成するステップであって、この実行が1つのレベルの2次元離散ウェーブレット変換を構成するステップと、

さらに分解が所望である場合に、前のレベルで生成された各チャンネルの前記副帯の少なくとも1つについて2次元離散ウェーブレット変換を実行し、それにより新しい1組の副帯を生成し、追加レベルの2次元離散ウェーブレット変換を構成するステップと、

各レベルの2次元離散ウェーブレット変換の前記副帯を量子化し、各レベルの前記各チャンネル内の前記各副帯ごとに別々の量子化しきい値が定義されるステップとを含む請求項1記載の方法。

【請求項19】 カラー・プレーン弁別チャンネルを含む複数のチャンネルに生画像データを分割するように構成された画像プロセッサであって、前記弁別チャンネルが前記生画像データを構成するカラー・プレーン間の相関関係を利用し、量子化および離散ウェーブレット変換を使用して前記チャンネルを圧縮し、前記圧縮チャンネル・データの圧縮解除が知覚的に無損失の画像をもたらす画像プロセッサと、

前記プロセッサに結合され、前記圧縮チャンネル・データを記憶するように構成された画像メモリとを含むシステム。

【請求項20】 前記圧縮チャンネル・データを受け取るために前記画像メモリに結合され、前記圧縮チャンネル・データを圧縮解除し、それから知覚的に無損失の画像を提示するように構成されたコンピュータ・システムを含む請求項19記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の背景)

(1. 発明の分野)

本発明は一般に画像処理に関する。より詳細には、本発明は画像圧縮のためのコード化および量子化に関する。

【0002】

(2. 関連技術の説明)

ある場面、情景、または物体の画像を取り込むと、その画像は周知のピクセルアレイとして表される。ある画像の各ピクセルは、1つ以上のカラー・プレーンに関連する値を有する。デジタル・カメラなどの撮像装置によって画像を取り込むと、その画像はバイエル・パターンとして知られるカラー・フィルタ・アレイ(CFA)パターンに取り込まれる場合が多い。バイエル・パターン内の配置された各ピクセルは、3種類の基本レンダリング・カラー(赤(R)、緑(G)、青(B))の1つのみに関連する強度値を持つ。バイエル・パターンではピクセルを以下のように配置する。

G R G R . . .

B G B G . . .

G R G R . . .

B G B G . . .

【0003】

BピクセルまたはRピクセルの2倍の数のG関連ピクセルが存在するので、Gすなわち緑のカラー・プレーンは2つの別々のカラー・プレーンG1(Rピクセルと同じ行のGピクセル)およびG2(Bピクセルと同じ行のGピクセル)と見なすことができる。したがって、バイエル・パターンの「生」画像は4つの独立したカラー・プレーンを含むものと見なすことができる。フルカラー(フルカラーに分解した)画像(たとえば、レンダリング用)を得るために、配置された各ピクセルは、1つだけでなく、RGB3種類すべての成分を有していなければならない。これを達成するため、カラー補間として知られるプロセスを使用し、近

隣ピクセルに基づいて1つのピクセルに関する欠落カラー成分を推定する。

#### 【0004】

ある画像を取り込み、必要に応じてカラー補間した後、その画像を記憶または伝送するために必要になると思われるビット総数を減らすことを目的として「圧縮」すなわち縮小する場合が多い。このような画像圧縮は通常、カラー補間後に適用されるが、ある場合には、カラー補間前の画像が依然としてバイエル・パターンの生画像フォーマットになっている間に適当な圧縮を実行することが有利になる。画像圧縮は、ビデオ会議、デジタル撮像、ネットワークによるビデオ・ストリーミングなどのマルチメディアアプリケーションでは重要な役割を果たす。このようなアプリケーションの画像圧縮方式は、特定のアプリケーションについて容認できる画像品質を維持しながら、画像の記憶または転送のビットレートを低減するように設計しなければならない。

#### 【0005】

画像圧縮技法は、「損失」または「無損失」のいずれかとして分類することができる。無損失圧縮の場合、圧縮した画像を圧縮解除したときに、圧縮前の元の画像を正確に回復することができる。その結果として、無損失技法では、その圧縮比が画像のエントロピによって決まり、通常、高い圧縮比を達成せず、しかも元の画像情報のうちのかなりの部分を保存するので、コンピュータ的に言えば不経済となる。対照的に、損失圧縮方式では、元の画像の近似しか得られず、より高い圧縮比を達成できるが、無損失技法に比べ、画像品質の損失を伴う場合が多い。

#### 【0006】

このような損失技法の1つは、J P E Gとして知られる変換ベースのコーディングであり、これは周知の離散コサイン変換(D C T)を使用して入力画像のピクセルを変換する。圧縮を達成するために、結果として得られる変換済みピクセル値をより小さい値のセットにマッピングするか量子化する。圧縮解除される圧縮画像の品質は、変換済みピクセルの量子化をどのように行うかに大きく依存する。圧縮比(圧縮画像と比較した元の生画像のサイズ)も量子化の影響を受けることになるが、量子化後のデータの2進コード化によって高めることができる。

#### 【0007】

さらに、J P E G などの高圧縮比アルゴリズムには、「ブロック化アーチファクト」などの欠点がある。このようなアルゴリズムの場合、画像は、 $8 \times 8$  ブロックまたは  $16 \times 16$  ブロックなどのピクセル・ブロックに分割される。これらのブロックは互いに独立して処理されるので、ブロック間において観察できるほどの輝度またはカラーの不連続が存在し、これが「ブロック化アーチファクト」を構成する。

#### 【0008】

上記したようなあるいはその他の画像圧縮方式は、高い圧縮比と、時に容認できる圧縮解除画像品質も達成するが、画像が「輝度クロミナンス」のフォーマットであるときにより適切に作用する。選択した基本カラー（赤、緑、青など）の混合としてピクセルカラーを表すカラー補間したフルRGB画像「空間」（すなわち、フォーマット）またはバイエル・パターンとは異なり、輝度クロミナンス・フォーマット画像は色相と飽和レベルによって各ピクセルを定義する。デジタル・カメラなどの撮像装置は通常、バイエル・パターン・フォーマットで画像を取り込むので、まず画像をフルカラー（RGB）に分解しカラー補間し、輝度クロミナンス技法を適用する前に、その「色空間」をY C r C b などの輝度クロミナンス・フォーマットに変換しなければならない。このようなカラー補間と色空間変換は、コストが非常に高くなるとともに時間がかかる場合が多く望ましいものではない。

#### 【0009】

図1はこのような従来の手法の1つを示している。たとえばデジタル・カメラなどの装置から取り込んだ元の画像100は、通常、バイエル・パターンなどの生画像フォーマットになっている。このため、各ピクセルはフルカラーの表現を有することはない。ついで、一度に全部または1ブロックずつ、カラー補間ピクセル手順110に画像を渡す。カラー補間手順では画像100からフルカラー・ピクセルを生成し、その各ピクセルはフルカラー値（たとえば、R、G、Bの各成分）に分解される。次に、RGBからYUVまたはその他の適切な空間にフルカラー画像を色空間変換する（ブロック120）。このような変換は、達成可



能な圧縮比を改善する。変換が完了すると、プライマリー圧縮手順（ブロック 130）に画像を渡す。このような圧縮は、J P E Gまたはフーリエ解析などの様々な手順を含むことができるが、1つのコンポーネントとして量子化手順を有する場合が多い。画像ピクセルを表す一定範囲の値をより小さい範囲の値にマッピングすることによって、画像を量子化する。圧縮後、転送または記憶に適したものになるように、圧縮画像値をコード化することができる（ブロック 140）。

#### 【0010】

このような従来の手法には、いくつかの欠点がある。第一に、特にカラー補間および色空間変換において手順全体が計算上、複雑なものになっている。色空間変換だけでも（たとえば、R G BからY C r C b空間の場合）、各ピクセルごとに9回の乗算と6回の加算とを必要とする。多くの場合、このような複雑な技法は、ディジタル・カメラなどの小型のコスト重視の装置で効果的に実施することはできない。

#### 【0011】

ディジタル・カメラまたはその他の撮像装置上で画像を圧縮する場合、上記の圧縮技法は効果的ではないかまたは非常に高いものになるだろう。したがって、それを使用するディジタル・カメラのコストを低減するように、コンピュータ上での安価な画像量子化圧縮技法が必要である。最初にカラー補間を実行する必要性を回避するために、携帯用撮像装置によって生成されたバイエル・パターンの生画像データに直接適用可能であり、高圧縮比を達成するために様々なカラー・プレーン間の相関関係を利用可能な量子化圧縮方法を開発しなければならない。さらに、画像品質を維持しながら、撮像装置からの画像取込みとローカル・メモリへの記憶または転送をよりリアルタイムで実行できるように、量子化および圧縮の速度を高めることが必要である。

#### 【0012】

##### （発明の概要）

カラー・プレーン弁別チャンネルを含む複数のチャンネルに生画像データを分割することを含み、生画像データを構成するカラー・プレーン間の相関関係を利用し、次に2次元離散ウェーブレット変換を使用してこれらのチャンネルのそれぞれを

別々に圧縮し、その圧縮が量子化を使用し、圧縮チャネルデータの圧縮解除が知覚的に無損失の画像をもたらす方法を開示する。

【0013】

本発明の方法および装置の目的、特徴、利点については、以下に示す説明から明らかになるだろう。

【0014】

(発明の詳細な説明)

次に、添付図面を参照し、本発明の例示的な実施形態について説明する。例示的な実施形態は、本発明の態様を示すためのものであり、本発明の範囲を限定するものと解釈してはならない。また、主にブロック図または流れ図に関連して例示的な実施形態を説明する。流れ図の場合、流れ図内の各ブロックは、方法ステップと、その方法ステップを実行するための装置要素の両方を表している。実施形態に応じて、対応する装置要素は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、あるいはそれらの組合せとして構成することができる。

【0015】

図2は本発明の一実施形態による画像圧縮データ・フローを示している。

静止画撮像または動画撮像などのデジタルアプリケーションでは、圧縮解除のためにそれを転送し表示する前に、所定のレベルの品質を維持しながら、デジタル・カメラによって取り込んだ画像などの元の画像のサイズをできるだけ圧縮することが望ましい。理想を言えば、選択した圧縮技法はどのようなデータ転送メカニズムにも適用することが望ましい。ここで開示する圧縮技法は、本発明の1つまたは複数の実施形態の主題であり、色および光に対する人間の視覚系の反応を利用して画像品質を維持するよう具体的に開発されたものである。

【0016】

前述のように、デジタル・カメラまたはその他の同様の装置によって取り込まれた生画像は通常は、バイエル・パターンで表される。センサ・アレイ200は1組のピクセルの配置を有する「センサ群」であり、情景／場面からセンサに入射する光の強度値を各位置（ピクセル）ごとに撮像する。バイエル・パターンでは、センサ・アレイ内の画像（以下「オリジナル画像」という）200の各ピ

クセル配置は、赤（R）、緑（G）、青（B）のカラー・プレーンとの関連を有することになる。バイエル・パターンはすべてのRおよびBについて2つの関連値を有するので、緑のカラー・プレーンは2つのプレーンG 1およびG 2と見なすことができる。G 1関連ピクセルは元の画像200内のR関連ピクセルと同じ行のバイエル・パターンに位置し、G 2関連ピクセルはB関連ピクセルと同じ行に位置する。

#### 【0017】

本発明の一実施形態によれば、R関連ピクセルとそのG 1関連近隣ピクセルとの相関関係ならびにB関連ピクセルとその近隣G 2ピクセルとの相関関係はどちらも有利に活用される。本実施形態では、カラー補間または色空間変換あるいはその両方の必要なしに、バイエル・パターン内のピクセルを直接圧縮することができる。G 1およびG 2関連ピクセルを圧縮ブロックに直接渡す（ブロック212および216）。RピクセルとBピクセルの処理はあまり直接的ではない。Rピクセル値はその西側近隣G 1ピクセル値によって減算される（ブロック205）。この差（ $R - G_1$ ）を圧縮ブロックに渡す（ブロック210）。同様に、各B関連ピクセルはその東側近隣G 2関連ピクセルから減算される（ブロック206）。次にこの差（ $B - G_2$ ）を圧縮ブロックに渡す（ブロック216）。

#### 【0018】

本発明の一実施形態によれば、カラー・プレーン間の強い相関関係を利用するために、弁別チャンネル $R - G_1$ および $B - G_2$ が作成される。これらの「チャンネル」はG 1およびG 2チャンネルとともに、それぞれ適切な圧縮段階に渡される。一実施形態では減算を使用することによって純粋カラー・チャンネルの相関関係を解除するが、他の相関関係解除方法も使用することができる。緑は人間の視覚系にとって（R、G、Bの3色のうちで）最も知覚可能な色なので、緑のプレーンG 1およびG 2はチャンネルとして保存され、赤と青の相関関係を解除するための基準チャンネルとして使用する。

#### 【0019】

$R - G_1$ 、G 1、G 2、 $B - G_2$ という4つのチャンネルのそれぞれは、圧縮ブロック210、212、214、216にそれぞれ渡される。各圧縮ブロック2

10、212、214、216では、本発明の一実施形態によれば、2つのプロセスが行われる。第1のプロセスは2次元離散ウェーブレット変換（2-D DWT）である。DWTは、画像の急激な変化と不連続、その結果、画像のエッジ・フィーチャをより正確にかつ効率よく記述するので、フーリエその他の周期ベースの変換より画像圧縮の際に有用である。2-D DWTは、図4に関連して以下に説明し図示するように、画像の「副帯（sub-bands）」を生成する。DWTの実行後、量子化として知られる第2のプロセスを実行する。

#### 【0020】

量子化は、 $m < n$  の場合に  $n$  通りの値のセットを  $m$  通りの値のセットにマッピングする手順である。量子化により、DWT画像データ・セットに可能なデータ値の総数が削減される。このマッピングは  $y = f(x)$  という数式に応じて実行される。ここで、 $x$  はDWTデータ値であり、 $y$  は量子化データ値である。このような式により、画像を表すために必要な総ビット数は低減される。これにより何らかの誤差が発生するが、当技術分野には、誤差を低減するために使用可能な方法がいくつか存在する。変換済み画像データを量子化した後、そのデータをコード化する。コード化ユニットでは、量子化データが好ましい表現を持つように配置（パック）する。この圧縮コード化画像データは、その後、媒体に記憶するか、あるシステムから別のシステムに転送するか、ネットワークなどの通信経路により配布することができる。さらに、この圧縮コード化画像データは、単フレームとして収集し転送する必要はないが、コード化値単位でその宛先にストリーミングすることができる。

#### 【0021】

元の画像のサイズを圧縮画像のサイズで割った圧縮比は、DWT変換、量子化、コード化に使用する精密なパラメータに応じて、変動することになる。本実施形態は、圧縮解除した画像品質を有利に高め、圧縮解除の複雑さを低下し、圧縮比を最適化するように機能することができる圧縮プロセスの機能強化を可能にする。

#### 【0022】

他の画像圧縮技法もDWTを使用可能である場合、圧縮解除した画像の品質は

主に使用した量子化によって決まることになる。本発明の重要な一態様は知覚的に無損失の手法であり、その結果は圧縮解除したときに無損失であると人間の視覚系によって近くされる損失圧縮である。さらに、本実施形態で採用する量子化手法は高速かつ容易な計算が可能であり、圧縮が実施されるハードウェアに対してよりリアルタイムなパフォーマンスをもたらす。本発明の一実施形態では、DWTの特性を利用して画像の副帯を作成することにより、副帯特性およびカラー・チャンネル特性に応答する適応量子化手順が提供される。

#### 【0023】

各チャンネル（R-G1、G1、G2、B-G2）について、2-D DWTプロセスによって生成された各画像副帯ごとに量子化しきい値が定義される。このような各しきい値 $Q(s, c)$ では、「s」が副帯を表し、「c」がチャンネルを表すが、そのチャンネル「c」および副帯「s」におけるDWT結果値を量子化する場合に使用する。したがって、値 $X_{sc}$ （またはこのような値を求める際に使用するDWT係数）の場合、量子化値 $Y_{sc}$ は単に次のようになる。

#### 【0024】

##### 【数1】

$$Y_{sc} = \text{round} \left( \frac{X_{sc}}{Q(s, c)} \right)$$

式中、 $\text{round}(k)$ という関数は値 $k$ を最も近い整数に切り上げるかまたは切り捨てるものである。したがって、所与の副帯およびチャンネルでは、この量子化はスカラ均一量子化式であり、したがって、高速かつ効率の良いハードウェア装置が可能である。本発明の一実施形態では、量子化しきい値がDWT係数自体を変更し、その結果、分離量子化（図6および関連説明を参照）の必要性を解消する。さらに、特にチャンネルおよび副帯に応じて適合されたしきい値の使用により、色（チャンネル）およびエッジ知覚性（DWT副帯を分解する機能）に関して均一または不定の量子化技法によって圧縮解除したときに回復した画像の品質が高められる。量子化中に発生する絶対誤差は $Q(s, c)/2$ と等しいかそれより小さくなる。本発明の一実施形態では、その誤差の結果として画像品質の知覚的損失が一切発生しないように $Q(s, c)$ について実験的に導出した値を決

定する。

#### 【0025】

図3は本発明の一実施形態による圧縮コード化画像の回復を示している。

デコード・ブロックと、逆量子化ブロックと、逆DWTブロックは、圧縮コード化画像データ240（図2を参照）からオリジナル画像200を回復するプロセスを構成する。圧縮が「損失性」なので、得られるデコード圧縮解除画像は、元の画像を正確にピクセルごとに再構築したものにはならない。しかし、本発明の様々な実施形態の主題である知覚的に無損失の量子化技法とDWT特性を使用することにより、その損失を人間の視覚に知覚できない程度のものとすることができるので、この方法により圧縮解除した画像の品質は他の損失技法より改善される。さらに、他の逆技法と比較したときに逆DWT手順は容易であるため、高速かつ容易な実施に適したものになる。

#### 【0026】

圧縮コード化画像データ240は、1チャンネルずつならびに1副帯ずつ効率よく記憶することができる（図4を参照）。したがって、圧縮コード化チャンネル（R-G1）、G1、G2、（B-G2）は、別々にデコードし圧縮解除することができる。まず、各チャンネルに属するデータを、ゼロ・ランレングス、ハフマン・デコードなどを利用してデコードする（ブロック310、312、314、316）。各チャンネルおよび副帯のデータは、他の副帯およびチャンネルのデータとは異なる技法を使用してコード化されていることもあり得るので、コード化技法の違いを考慮に入れてデコードする必要がある。次に、各チャンネルのデコード・データを圧縮解除する（ブロック320、322、324、326）。図2に示す圧縮ブロックと同様に、圧縮解除は、デコード・データの量子化解除と逆DWT（IDWT）の実行という2つの手順から構成される。

#### 【0027】

逆量子化ブロックは単にデコード・データ（量子化DWT係数である）の値に所与の副帯および適切なチャンネル用の量子化しきい値 $Q(s, c)$ を掛けるだけである。逆量子化後、各チャンネルおよび副帯のデータごとに逆DWTを実行する。逆DWTが完了すると、1ピクセルずつ、オリジナル画像200の近似を求め

ることができる。(R-G1)回復値にG1を加算し(ブロック325)、(B-G2)回復値にG2を加算する(ブロック326)ことにより、元のセンサ・アレイ200からの各バイエル・パターン・ピクセル値R、G1、G2、Bをほぼ回復することができる。回復したR、回復したG1、回復したB2、回復したBの各値は、元の画像200の値と同一である場合もあれば、同一ではない場合もあるが、カラー・チャネル相関関係の利用により、視覚的に無損失または知覚的に無損失の特性を示すことになる。したがって、回復した画像は高品質のものになる。本発明の他の態様によれば、適切な量子化しきい値によって逆DWT係数を変更することにより、逆量子化プロセスを逆DWTと組み合わせることができる。

#### 【0028】

圧縮解除は、ハードウェアまたはソフトウェアとして実施するか、両者のうち的一方または組合せによって実施することができ、コード化圧縮プロセスの機能を実行する装置とは物理的に分離したものにするすることができる。損失圧縮方式の基本データ・フローは圧縮と圧縮解除からなり、多くの場合、圧縮ブロックから圧縮解除機能にアクセスできる所望の宛先への中間転送も含むことになる。

#### 【0029】

図4は2次元(2-D) DWTを画像に反復適用した結果を示している。

「An Integrated Systolic Architecture for Decomposition and Reconstruction of Signals Using Wavelet Transforms」という名称の同時係属米国特許出願第08/767976号(以下「特許出願'976号」という)に記載されているように、画像空間上で2-D DWTを適用すると、その結果、4つの「副帯」が作成される。たとえば、図4は、画像Sが2-D DWTによって4つの副帯S1、S2、S3、S4に分解されることを示している。これらのうち、最も重要な副帯はS1である。この副帯S1は二重低域フィルタ処理に基づいて生成されるので、「LL」副帯ともいう。S1(LL)は本質的に元の画像Sのスケーリング済み近似になっており、最も顕著な画像情報を含む。

#### 【0030】

副帯S2、S3、S4はエッジ情報を含み、入力画像が雑音のあるものである場合、その雑音のかかなりの部分も含む。副帯S2、S3、S4は、それを生成するために使用する様々な低域および高域フィルタ処理により、それぞれHL副帯、LH副帯、HH副帯ともいう。副帯S2、S3、S4は知覚的にはS1副帯ほど重要ではないので、その値がより大幅に圧縮されるように、これらの副帯をより「大まかに」量子化する（すなわち、より大きいしきい値Qを割り当てる）ことができる。より高レベルのDWTを生成する際にS1副帯を使用するので、この副帯は直接量子化する必要がない場合もある。前述のように、本発明の一実施形態によれば、オリジナル画像は1チャンネルずつ2-D DWTが行われる。本発明の一実施形態で使用する4つのチャンネルは(R-G1)、G1、G2、(B-G2)を含む。これらのチャンネルのそれぞれを構成するデータは、それについて2-D DWTが行われる「画像」そのものと見なすことができる。4つの副帯S1、S2、S3、S4はレベル1のDWTを構成する。したがって、図4においてLL<sub>1</sub>、HL<sub>1</sub>、LH<sub>1</sub>、HH<sub>1</sub>という名称の下にある添字は、これらの副帯がレベル1に属することを示している。

#### 【0031】

レベル1の副帯S1、S2、S3、S4は、画像Sに2-D DWTを1回適用した結果である。副帯結果S1に2-D DWTをもう一度適用した場合、レベル2の2-D DWTが実行されたといわれる。レベル2の2-D DWTの結果、4つの新しい副帯S11、S12、S13、S14が生成されるものと思われるが、これらはレベル1の2-D DWTにより副帯S1から生成された副帯である。これらの副帯S11、S12、S13、S14は、レベル2のDWT副帯なので、それぞれLL<sub>2</sub>、HL<sub>2</sub>、LH<sub>2</sub>、HH<sub>2</sub>という名称を有する。この場合も、LL<sub>2</sub>副帯S11はS1からの最も顕著なフィーチャを含み、S12、S13、S14副帯は副帯S1からのエッジ情報とあるいは雑音情報をも含む。したがって、より多くのレベルのDWT分解と、その結果、より多くの画像副帯を得るために、各レベルの副帯に2-D DWTを何回も適用することができる。

#### 【0032】



本発明の一実施形態では、レベル1の2-D DWT手順のみ考慮する。より多くのレベルの2-D DWT処理が行われる場合、新たに作成された副帯のそれぞれには、そこに存在する各チャンネル用のQまたは量子化しきい値が割り当てられる。9-7両直交スプラインDWTフィルタの場合、与えられた副帯「s」およびチャンネル「c」用のQ(s, c)値は、経験的に求められる。この研究の結果は図5の表に示す。

#### 【0033】

図5は所与の副帯およびチャンネル用のサンプル量子化しきい値を示す表である。

量子化しきい値Q(s, c)は様々な方法で決定または選択することができる。本発明の様々な実施形態を考案する際に行った研究の1つでは、1組のDWT圧縮画像に対する1群の観察者の知覚に関する経験的データを収集した。このような実験では、量子化によるアーチファクトが観察可能になるまで、しきい値Q(s, c)を増加した。この研究のために、異なる特性を有する様々な画像を選択した。図5の表は、この研究の結果を示し、どの画像にも適用可能であることが統計的に保証されている。ただし、当技術分野で周知の9-7両直交スプライン・フィルタをDWTの基礎として使用することを条件とする。DCTなどの異なる技法または異なる基礎を使用するDWTの場合、それぞれのフィルタが同じ画像についてそれぞれ異なる提示を行うので、新しい量子化しきい値を選択または決定する必要がある。本発明の一実施形態ではこのような値をROMにプリロードすることができ、他の実施形態ではこれらの値を変更できるように書換可能なメモリに書き込むことができる。

#### 【0034】

図4を参照すると、S1、S2、S3、S4という副帯はいずれもレベル1のDWTに属す。副帯S4は、S2およびS3副帯より約5倍大きい量子化しきい値を有する。したがって、S4副帯の情報（データ値）はより大きい程度まで量子化され、このため、より大幅に圧縮される。より大きい量子化しきい値により生じる誤差と、その結果としてのマップ値の減少は許容できるものである。というのは、S4副帯は対角エッジおよび雑音など、知覚可能な画像の中では最も

視覚的に関連の少ないものの一つを示すにすぎないからである。前述のように、S 1は元の画像Sのうち顕著で、かつ視覚的に重大な情報のほとんどを含む。kレベルのDWTの場合、最も低いk-1のLL副帯はそれ自体がより高いレベルのLL、LH、HL、HH副帯にさらに分解されるので、その副帯は保存され（すなわち、Qは1）、したがって量子化されない。LL<sub>k</sub>または最も高いレベルのDWT副帯では量子化が補償されているものと思われ、その副帯に対してより高いレベルの分解は行われないので、その副帯は量子化される（Q>1）。すべてのレベルの副帯S 2およびS 3は同じレベルのS 1副帯とS 4副帯の中間に位置する量子化しきい値を有する。

#### 【0035】

チャンネルに関しては、R、G、Bと、次に（R-G 1）および（B-G 2）について量子化しきい値を決定した。このG値はG 1とG 2の両方に当てはまるものである。一般に、青は緑（G 1、G 2）および赤より大きめに（より大きいしきい値で）量子化することができる。しかし、本発明の実施形態では、圧縮プロセスで純粋なRおよびBではなくチャンネル（R-G 1）および（B-G 2）について考慮する。このような「弁別」または相関関係解除チャンネルは、純粋なカラー・チャンネルR、G、Bよりかなり大きい量子化しきい値を有する。これは、画像のエッジ情報がG 1およびG 2プレーン（チャンネル）で補償されることによる。これらのG 1およびG 2値をRおよびBのプレーン値からそれぞれ減算すると、その結果得られる差によって、G 1およびG 2で見られないクロミナンス成分がRおよびBプレーンに保存される。したがって、弁別チャンネル（R-G 1）および（B-G 2）によって、全体的な画像およびその知覚品質に対するRおよびBプレーンの作用が最適化される。

#### 【0036】

観察結果によれば、弁別チャンネル（R-G 1）および（B-G 2）のS 4副帯は、G 1およびG 2チャンネルに含まれる情報と知覚的に異なる画像情報を一切含まず、したがって、その副帯全体にゼロ値が割り当てられる（Q値が00）ことが分かっている。本発明の一実施形態によれば、そこには知覚可能な情報が一切存在しないので、弁別チャンネルに関して副帯S 4を記憶する必要はない。DWT

レベルが高くなるほど、前のレベルの入力副帯L Lについて得られる精度または分解能も高くなる。図4には3レベルのDWTが示されているが、設計ニーズに応じて任意の数のDWTレベルを生成することができる。

#### 【0037】

図6は本発明の一実施形態のブロック図である。

図2および図3に関連して説明した本発明の一実施形態によれば、圧縮および圧縮解除プロセスは、一方が量子化（および逆量子化）用であり、もう一方の別の段階がDWT（および逆DWT）用である2つの段階に分割される。しかし、本発明の他の実施形態によれば、量子化（逆量子化）段階はDWT（および逆DWT）に合体することができる。DWTおよび逆DWT出力は1組のカスケード・フィルタ（特許出願'976号を参照）によって生成され、そのフィルタの係数はDWT（および逆DWT）関数の係数である。これらの係数に入力ピクセル値を掛け、その積を選択的に加算してDWT出力を生成する。量子化しきい値をDWT係数と代数的に結合した場合、DWT計算自体の最中に量子化が達成されることになる。

#### 【0038】

図6の実施形態では、1次元（1-D）DWTを2回繰り返すことによって2-D DWTを実施する。この手法は、DWTフィルタ（特許出願'976号）が分離可能であることから可能である。また、このようなフィルタが実現可能である場合、単一2次元フィルタを使用して、2次元DWTまたはその他の2次元変換を実施することが可能である。対照的に、特許出願'976号に概要が示されているように、1次元フィルタ手法では、行単位方式でDWTを実行し、行単位のDWTの結果に対して列単位方式でDWTを実行する。たとえば、図6に示すように、チャンネル「c」600について検討する。これは、本発明の一実施形態では、特定のカラー／弁別チャンネルG1、G2、（R-G1）、または（B-G2）からのピクセル・データを表すが、他の実施形態では、画像全体または画像の一部分を表すこともできる。まず、1-D DWTモジュール610によって行単位のDWTを実行する。1組の制御信号#1がこの行単位のDWTの動作を決定するとともに以下に示すようにDWTのレベルに応じて係数を供給する。

モジュール610はチャンネル「c」から「L」帯域と「H」帯域を生成する。

【0039】

行単位のDWTが実行されると、得られた「L」帯域と「H」帯域がマトリックス・トランスポート回路620によって転置される。このようなマトリックス・トランスポート回路は当技術分野では周知のものである。マトリックス・トランスポート回路620は、マトリックス・トランスポート回路620からの結果を第2の1-D DWTモジュール630に入力として1列ずつ供給する。第2の1-D DWTモジュール630は、1組の制御信号#2により、必要に応じて制御され、係数が供給される。マトリックス・トランスポート回路620から転置された1-D DWT行単位データに対して列単位で1-D DWTを実行した結果は、2-D DWT結果データ640として示される。行単位の1-D

DWT転置と列単位の1-D DWTを通過するたびに、その通過は2-D DWTの実行と同等のものになる。結果データ640は、副帯LL、HL、LH、HHから構成され、図4で参照し説明したようにDWTの1つのレベルを含む。

【0040】

前述のプロセスは、DWTの1つのレベルから結果を生成するためのものである。3レベルのDWT分解などの複数レベルが所望の場合、カウンタを使用して、そのカウンタに値3をロードしてもよい。2-D DWTサイクルが完了するインスタンスごとに、カウントが減分される。判断ブロック650では、このカウンタをチェックして、他のDWTレベルが必要かどうかを判定することができる。他のレベルが所望であれば、「LL」副帯を2-D DWTプロセスに戻し、そこからもう1組の副帯を生成する。図4はたとえば3レベルの2-D DWT結果を示している。各レベルでは、 $k$ がレベルである副帯 $LL_k$ を入力として使用し、次に2-D DWTの使用によりさらに4つの副帯に分解する。この手順は、最終所望レベルのDWT分解に達するまで繰り返す。また、DWTの各レベルが完了すると、副帯HL、LH、HHはエンコーダ660に送られ、そのエンコーダがハフマンまたはランレングス・コード化などの2進コード化をそのデータに対して実行する。次に、コード化データを圧縮チャンネルc' 670の一部

分として記憶する。各レベルでは、最終レベルのDWT分解前に、LL副帯をコード化しない。というのは、その副帯はさらに副帯を生成するために2-D DWTプロセスにフィードバックされるからである。DWTの最終レベルでは、LL副帯はコード化するためにコード化ブロック660に送られる。エンコーダ660の出力は、記憶しアセンブルされ、完了すると圧縮チャネルc' 670を構成することになる。前述のように、チャネルR-G1、G1、G2、B-G2のそれぞれは処理されて圧縮チャネルになる。

#### 【0041】

DWTフィルタ処理（DWTモジュール610および630によって実行される）中に量子化を達成するために、量子化係数 $Q(s, c)$ によってフィルタ処理係数を変更しなければならず、その場合、 $s$ は副帯であり、 $c$ はチャネルである。DWT係数の変更はフィルタの性質および処理中の副帯によって様々であり、以下のように要約される。

#### 【0042】

行単位1-D DWT：

- $LL_{k-1}$ 副帯（または $k=1$ の場合はソース画像）による低域フィルタ処理（副帯Lの生成）：フィルタの各重み（係数） $l_i$ は以下の因数によってスケールされる。

#### 【数2】

$$\frac{1}{\sqrt{Q(LL_k, c)}}$$

- $LL_{k-1}$ 副帯（またはソース画像）による高域フィルタ処理（副帯Hの生成）：フィルタの各重み（係数） $h_i$ は以下の因数によってスケールされる。

#### 【数3】

$$\frac{\sqrt{Q(LL_k, c)}}{Q(HL_k, c)}$$

#### 【0043】

列単位1-D DWT：

- ・ LおよびH副帯による低域フィルタ処理（副帯LLおよびLHの生成）：  
フィルタの各重み（係数） $l_i$ は以下の因数によってスケーリングされる。

【数4】

$$\frac{1}{\sqrt{Q(LL_k, c)}}$$

- ・ L副帯による高域フィルタ処理（副帯HLの生成）： フィルタの各重み（係数） $h_i$ は以下の因数によってスケーリングされる。

【数5】

$$\frac{\sqrt{Q(LL_k, c)}}{Q(HL_k, c)}$$

【0044】

- ・ H副帯による高域フィルタ処理（副帯HHの生成）： フィルタの各重み（係数） $h_i$ は以下の因数によってスケーリングされる。

【数6】

$$\frac{(HL_k, c)}{Q(HH_k, c) \sqrt{Q(LL_k, c)}}$$

式中、 $Q(HL_k, c)$ 、 $Q(HH_k, c)$ 、 $Q(LL_k, c)$ は、それぞれチャネル $c$ の $k$ 番目のレベルの副帯HL、HH、LLの知覚的に無損失のしきい値である。 $Q(HL_k, c) = Q(LH_k, c)$ なので、上記の条件により量子化が直接達成される。事実、行単位および列単位のフィルタ処理後、任意のレベルの4つの副帯が以下の因数によってそれぞれスケーリング（すなわち、量子化）される。

【0045】

- ・ LL副帯：

【数7】

$$\frac{1}{\sqrt{Q(LL_k, c)}} \frac{1}{\sqrt{Q(LL_k, c)}} = \frac{1}{Q(LL_k, c)}$$

- ・ LH副帯：

【数8】

$$\frac{1}{\sqrt{Q(LL_k, c)}} \frac{\sqrt{Q(LL_k, c)}}{Q(HL_k, c)} \frac{1}{\sqrt{Q(LL_k, c)}} = \frac{1}{Q(HL_k, c)}$$

・ HL副帯：

【数9】

$$\frac{\sqrt{Q(LL_k, c)}}{Q(HL_k, c)} \frac{1}{\sqrt{Q(LL_k, c)}} \frac{\sqrt{Q(LL_k, c)}}{Q(HL_k, c)} = \frac{1}{Q(HL_k, c)}$$

・ HH副帯：

【数10】

$$\frac{\sqrt{Q(LL_k, c)}}{Q(HL_k, c)} \frac{Q(HL_k, c)}{Q(HH_k, c) \sqrt{Q(LL_k, c)}} = \frac{1}{Q(HH_k, c)}$$

【0046】

図7は本発明の一実施形態による画像処理装置のブロック図である。

図7は、本発明の少なくとも一実施形態を組み込んだ撮像装置の内部画像処理圧縮コンポーネントのブロック図である。図7の例示的な回路では、センサ700は何らかの場面／環境からカラー／強度値であるピクセル成分を生成する。センサ700によって生成されたnビット・ピクセル値はキャプチャ・インタフェース710に送られる。本発明に関連して言えば、センサ700は通常、配置されたある「感知素子」によりR、G、Bいずれか1つの成分を感知することになる。したがって、各ピクセルの強度値は3つのカラー・プレーンの1つのみに関連し、まとめて上記に示すようなバイエル・パターンを形成することができる。キャプチャ・インタフェース710は、センサによって生成された画像を分解し、個々のピクセルに強度値を割り当てる。本発明の実施形態の少なくとも1つでは、画像全体のこのようなピクセルのすべてからなるセットはバイエル・パターンになっている。

【0047】

センサ・プレーン内のピクセル・セルの一部がその場面／情景の照明条件に適

切に応答できないことはどのセンサ装置でもよくあることである。その結果、これらのセルから生成されたピクセル値は欠陥のあるものになる可能性がある。これらのピクセルは「デッド・ピクセル」と呼ばれる。「ピクセル置換」ユニット 715 は、その行内の直前に有効ピクセルで各デッド・ピクセルを置き換えるものである。

#### 【0048】

RAMテーブル716は、センサによって供給されるデッド・ピクセルの行インデックスと列インデックスから構成される。このRAMテーブル716は、取り込んだ画像に関するデッド・ピクセルの位置を識別する助けとなる。コンパANDING・モジュール725は、センサから取り込まれた $n$ ビット（通常は $n=10$ ）強度の元の各ピクセルを $m$ ビットの強度値に変換するように設計された回路であり、その場合、 $m < n$ （通常は $m=8$ ）である。センサ700およびキャプチャ・インタフェース710が $m$ ビットのピクセルあたりの値を付与する場合、コンパANDING・モジュール725は不要である。

#### 【0049】

本発明の少なくとも一実施形態によれば、前述のように、カラー補間または色空間変換あるいはその両方に頼らずに $m$ ビットのピクセル値（複数も可）のセットを直接圧縮することができる。チャンネル・ジェネレータ717はコンパANDING・モジュール725に結合され、バイエル・パターンに応じて配置可能な $m$ ビットのピクセル・データ値をそこから受け取る。各 $m$ ビット値は、4つのチャンネル（ $R-G1$ ）、 $G1$ 、 $G2$ 、（ $B-G2$ ）を生成するためにチャンネル・ジェネレータが使用する。たとえば、1行ずつピクセルを取り込む場合、第1の行は $R$ および $G1$ のピクセル値をもたらし、その結果、チャンネル（ $R-G1$ ）および $G1$ のみの出力をもたらすことになるだろう。次に取り込んだ行は $G2$ および（ $B-G2$ ）チャンネルをもたらすことになるだろう。チャンネル・ジェネレータ727は、1行の間に2つのチャンネルを送り、次の行の間に残りの2つのチャンネルを送る。

#### 【0050】

次にこれらのチャンネルは圧縮及び量子化ユニット728に入力される。RAM



テーブル729は、前述の圧縮技法を実行する際に所望の各チャンネル／副帯ごとにDWT係数または量子化しきい値あるいはその両方を記憶するために使用する。さらに、必要なDWT計算を実行するために圧縮及び量子化ユニット728内に加算および乗算ユニット、シフタ、制御信号方式を設けることができる（特許出願'976号を参照）。圧縮及び量子化ユニット728は、各チャンネルおよび副帯ごとに高域通過および低域通過DWT出力を供給するように設計することができる。このような圧縮チャンネル出力は、圧縮画像データを表し、その後、エンコーダ730によって2進コード化される。エンコーダ730はランレングス、ハフマン、その他の適当なコーディングを使用して圧縮データをパックして、一つ以上の記憶アレイ740に記憶する。

#### 【0051】

RAMテーブル716、726、729のそれぞれは、そのデータをロードし、その後、所望であれば、変更できるように、バス760と直接通信することができる。さらに、これらのRAMテーブルおよびその他のRAMテーブルは、必要に応じて中間結果データを記憶するために使用することができる。モジュール727、728、730の個々のコンポーネント（セクタ、シフタ、レジスタ、加算、乗算ユニット、制御／アドレス信号）については詳述していないが、当業者は、本発明の様々な実施形態に関して示す詳細を考慮すれば、このような装置を容易に実施できるだろう。

#### 【0052】

図8は本発明の一実施形態のシステム図である。

カメラ830に結合されたコンピュータ・システム810があるが、これはPC（パーソナル・コンピュータ）などのどのような汎用または専用コンピューティングまたはデータ処理マシンでもよい。カメラ830は、デジタル・カメラ、デジタル・ビデオ・カメラ、任意の画像キャプチャ装置または撮像装置、あるいはそれらの組合せにすることができ、情景840の画像を取り込むために使用する。本質的に、取り込んだ画像は、効率よく画像メモリ・ユニット834に記憶できるように画像処理回路832によって処理されるが、その画像メモリ・ユニットはROM、RAM、または固定ディスクなどの記憶装置を使用すること

ができる。画像メモリ・ユニット８３４内に含まれ、コンピュータ・システム８１０に送られる画像は、本発明の一実施形態によれば、圧縮画像として直接記憶することができる。静止画撮像を実行可能な多くのデジタル・カメラでは、まず画像を記憶して後でダウンロードする。このため、カメラ８３０は速やかに次の物体／情景を迅速に取り込むことができる。その様々な実施形態において、特に、取り込んだ８ビットのバイエル・パターンから直接変換される圧縮画像を供給する際に、本発明はカメラ８３０のコンピュータ要件と関連コストを低減し、より安価なカメラを可能にする。

#### 【００５３】

画像処理回路８３２は、本実施形態では、カメラ８３０のバイエル・パターン・センスから直接、圧縮、量子化、コード化（ピクセル置換またはコンパニディングなどのその他の中間ステップ付き、図７および関連説明を参照）を実行する。コンピュータ・システム８１０に圧縮コード化画像をダウンロードすると、プリンタ（図示せず）などの何らかの出力装置またはモニタ装置８２０にそれを出力することができる。本発明の一実施形態によれば、画像が圧縮解除後にバイエル・パターン・フォーマットになっている場合、出力前にＲＧＢフルカラー分解フォーマットに変換する必要がある。画像圧縮解除は、ペンティアム<sup>(R)</sup>（インテル社の製品）などのプロセッサ８１２と、命令アドレスおよび結果データを記憶／ロードするために使用するＲＡＭなどのメモリ８１１を使用して達成することができ、測色法の技術分野では周知の動作である。

#### 【００５４】

代替実施形態では、前述の圧縮プロセスは、直接、カメラ８３０内ではなくコンピュータ・システム８１０上で動作するソフトウェア・アプリケーションで達成することができる。このような実施形態では、画像処理回路はバイエル・パターン画像のみを有利に記憶することができる。カメラ８３０からのダウンロード後に統合カラー補間および色空間変換を実行するために使用するアプリケーション（複数も可）は、Ｃ＋＋などの言語で作成されたソース・コードからコンパイルした実行可能なものにすることができる。その実行可能ファイルの命令は、画像をスケールリングするために必要な命令に対応し、ディスク８１８またはメモリ

811に記憶することができる。さらに、このようなアプリケーション・ソフトウェアは、他のシステムで使用するためにネットワークまたはコンピュータ可読媒体で配布することができる。前述の方法に従えば、画像に対して知覚的に無損失の量子化DWT圧縮を実行するようにコンピューティング・マシンをプログラミングすることは、当業者にとって容易に明らかになるだろう。

#### 【0055】

情景840の画像などの画像をカメラ830で取り込むと、その画像は画像処理回路832に送られる。画像処理回路832はICとその他のコンポーネントを有し、DWTベースの知覚的に無損失の画像圧縮を実行する。画像メモリ・ユニット834は圧縮チャネル・データを記憶することになる。すべてのピクセルが処理され、コンピュータ・システム810に記憶または転送されると、カメラ830は自由に次の画像を取り込めるようになる。ユーザまたはアプリケーションが画像のダウンロードを所望または要求すると、画像メモリ・ユニットに記憶された画像は、XYZ空間画像として記憶されているかバイエル・パターン画像として記憶されているかにかかわらず、画像メモリ・ユニット834から入出力ポート817に転送される。入出力ポート817は図示のバスブリッジ階層（入出力バス815からブリッジ814を通してシステム・バス813へ）を使用して、XYZ色空間画像データをメモリ811または任意選択でディスク818に一時的に記憶する。コンピュータ・システム810は、プロセッサ812およびメモリ811と、入出力バス815に結合するブリッジ814との間の情報転送を容易にするシステム・バス813を有する。入出力バス815はディスプレイ・アダプタ816、ディスク818、シリアル・ポートなどの入出力ポート817など、様々な入出力装置を接続する。入出力装置、バス、ブリッジのこのような組合せの多くは本発明とともに使用することができ、図示の組合せはこのような可能な組合せの1つの例証にすぎない。

#### 【0056】

本発明の一実施形態では、その実行のためにプロセッサ812を使用しうる適当なアプリケーション・ソフトウェア（またはハードウェア）によりコンピュータ・システム810上で圧縮画像を知覚的に無損失のバージョンに圧縮解除／回

復することができる。完全分解RGB画像は、カラー補間データによって作成することができ、つぎにディスプレイ・アダプタ816を使用して知覚的に無損失の画像850として視覚的に表示することができる。本発明の一実施形態ではカラー補間および色空間変換はカメラ上で容易に促進されるので、画像データを他の装置に直接伝送できるようにする通信ポートをカメラ830内に実現することが可能である。

【0057】

上記の明細書では、その特定の例示的な実施形態に関して本発明を説明してきた。しかし、特許請求の範囲に記載した本発明のより広範囲の精神および範囲を逸脱せずにそれに対する様々な修正および変更が可能になることは明らかになるだろう。したがって、本明細書および添付図面は、限定的なものではなく例示的なものと見なすべきである。

【0058】

ここに記載した例示的な実施形態は、本発明の原理を例証するためのものにすぎず、本発明の範囲を制限するものと解釈してはならない。むしろ、本発明の原理は、ここに記載した利点を達成し、その他の利点を達成するかまたはその他の目的を満足するために、広範囲のシステムに適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

画像圧縮の従来の手法を示す図である。

【図2】

本発明の一実施形態による画像圧縮データ・フローを示す図である。

【図3】

本発明の一実施形態による圧縮コード化画像の回復を示す図である。

【図4】

2次元DWTを画像に反復適用した結果を示す図である。

【図5】

所与の副帯およびチャネル用のサンプル量子化しきい値を示す表である。

【図6】

本発明の一実施形態のブロック図である。

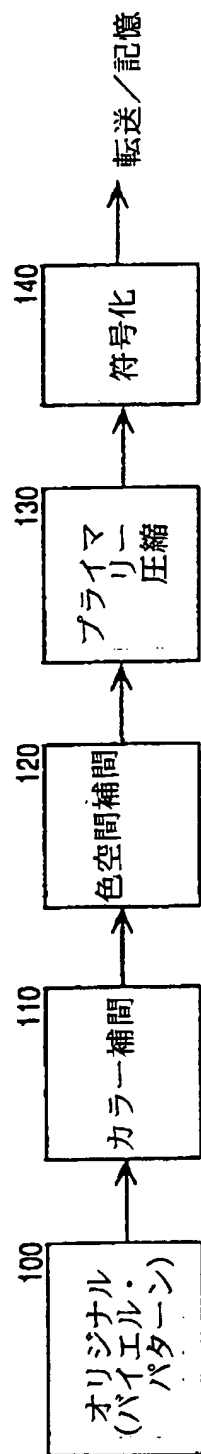
【図 7】

本発明の一実施形態による画像処理装置のブロック図である。

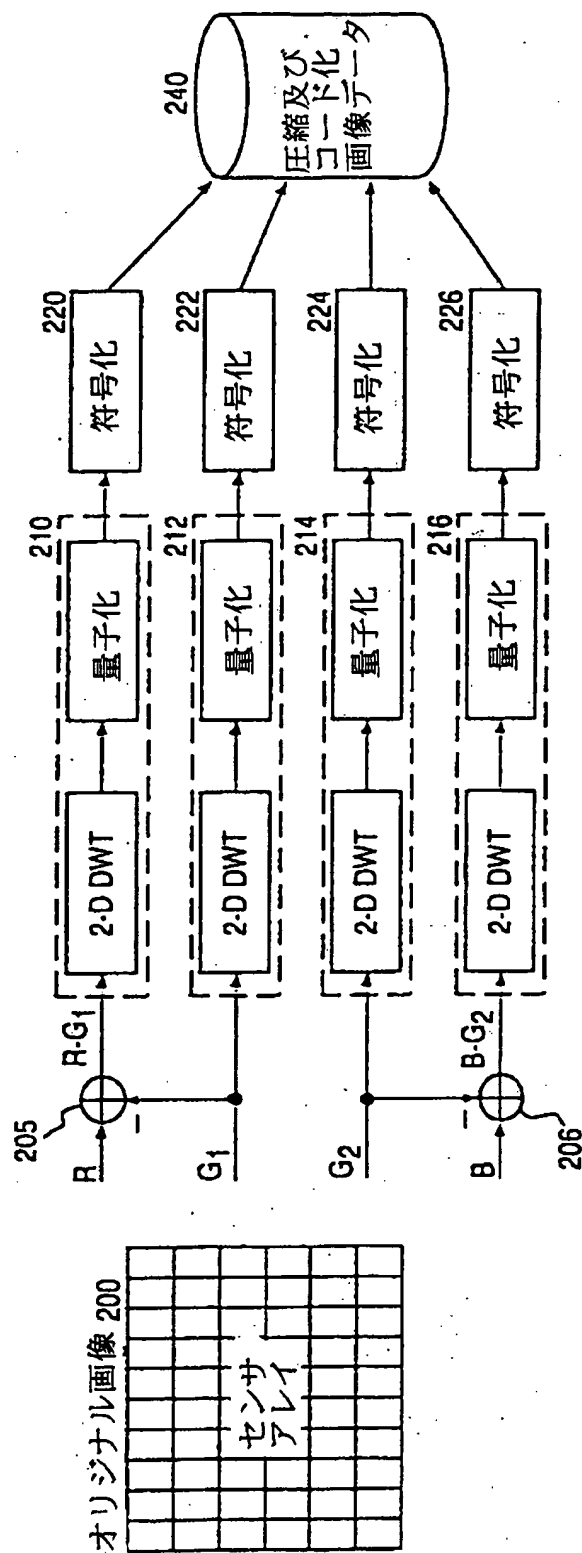
【図 8】

本発明の一実施形態のシステム図である。

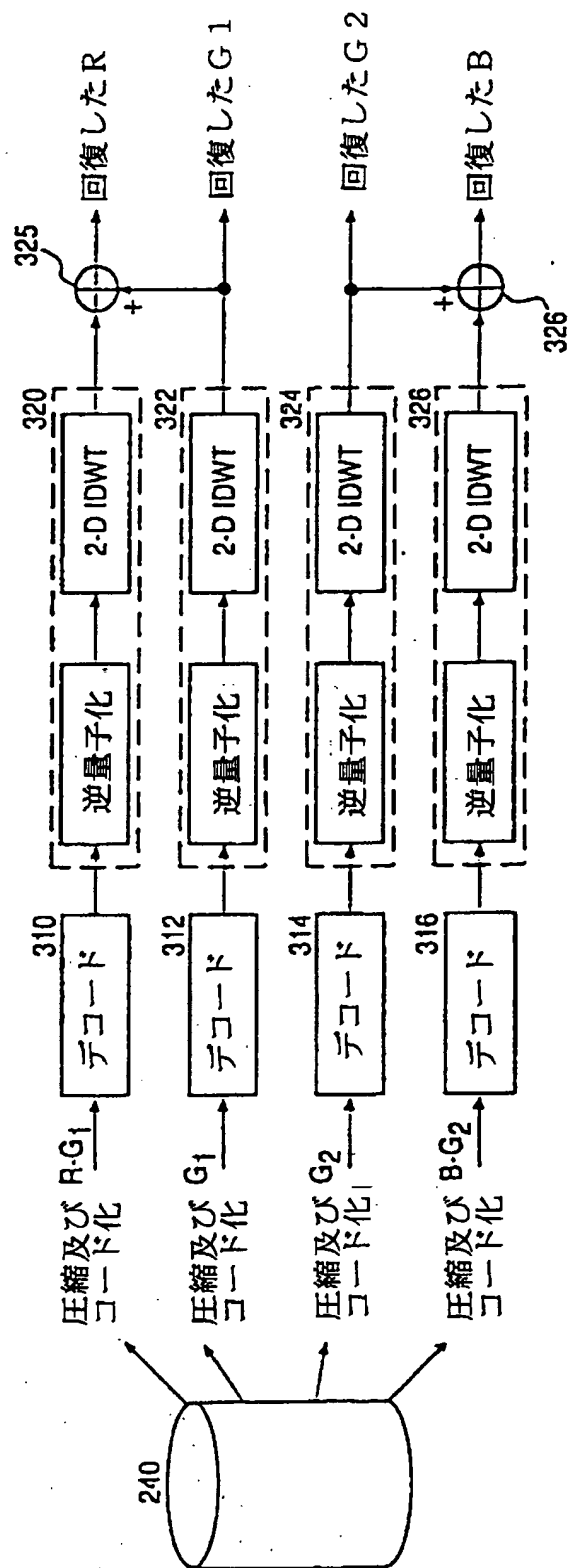
【図1】



【図2】

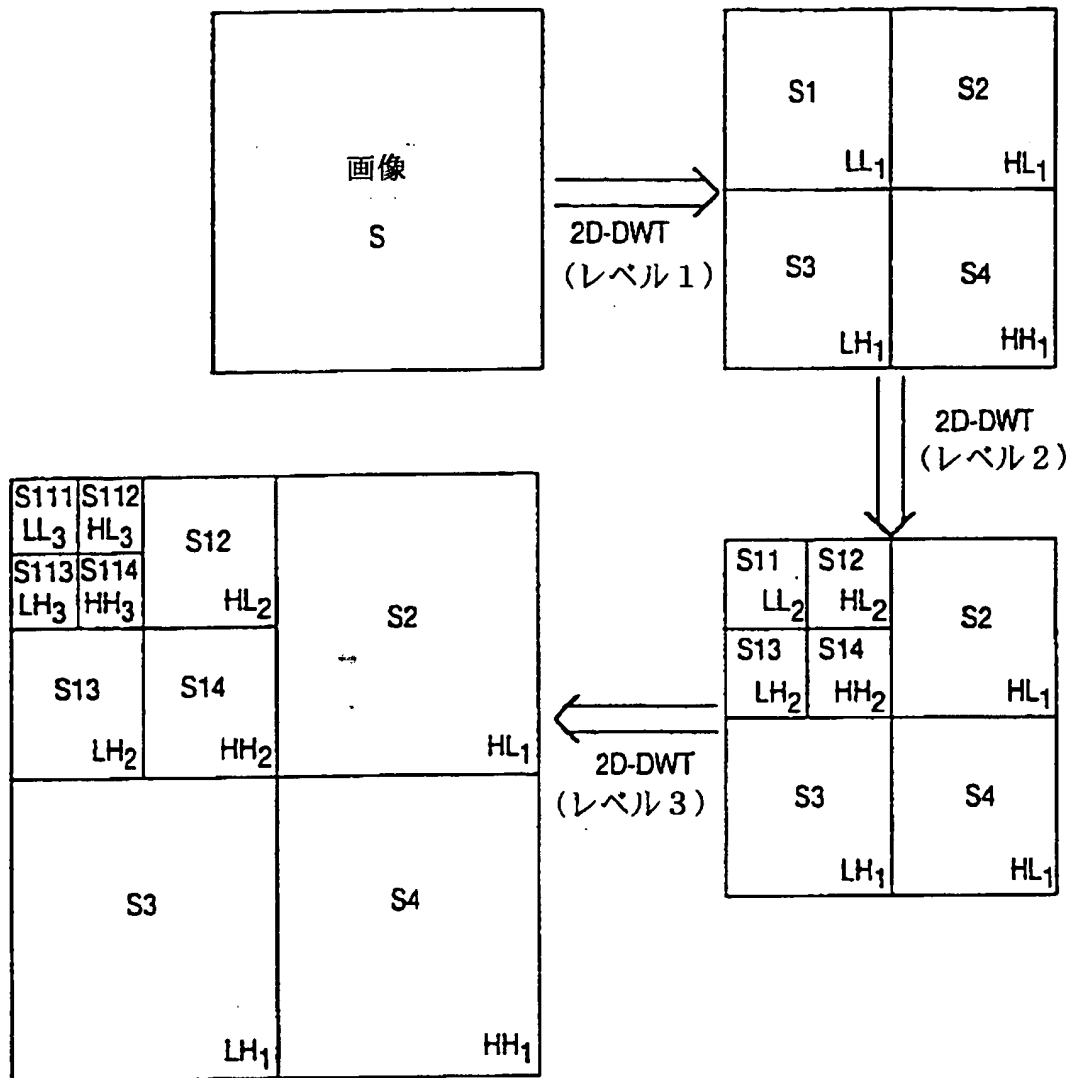


【図3】



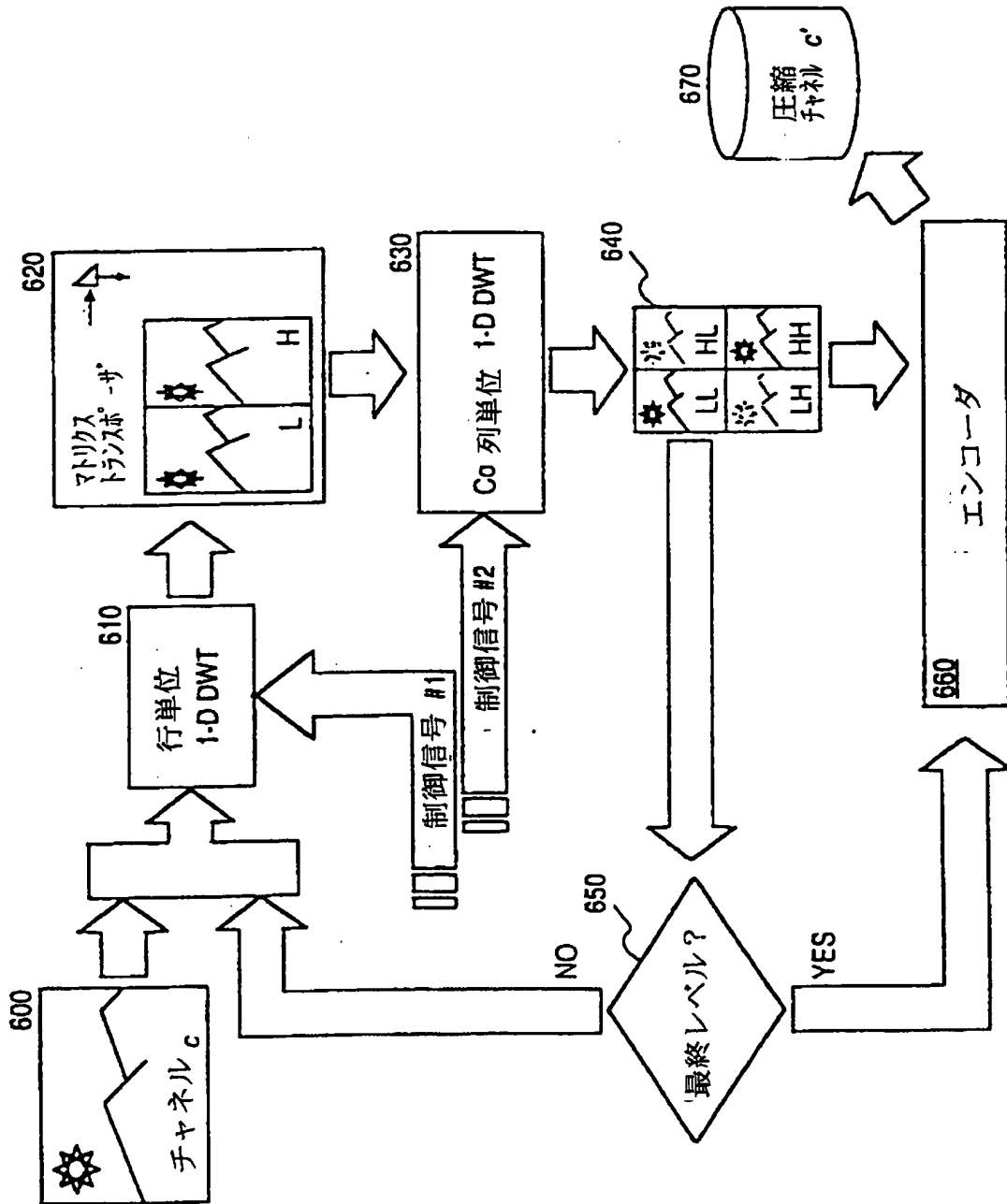


【図4】

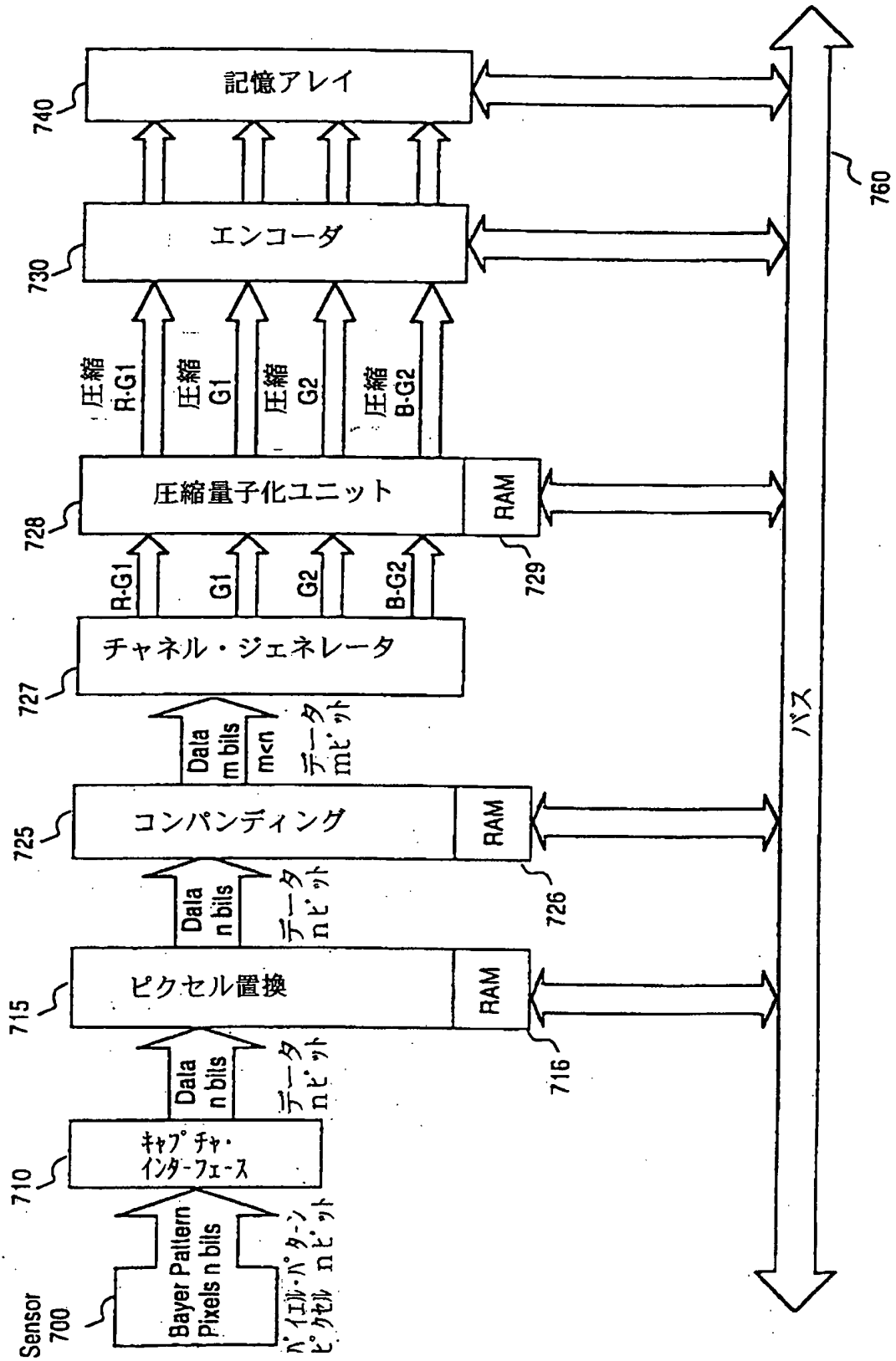


副帯	チャンネル	レベル 1 2D-DWT				レベル 2 2D-DWT				レベル 3 2D-DWT			
		S1	S2, S3	S4	S11	S12, S13	S14	S111	S112, S113	S114			
	R	1	22	100	1	15	51	15	15	30			
	G (i.e., G1 or G2)	1	20	90	1	15	40	15	14	26			
	B	1	24	130	1	18	65	15	17	39			
	R-G1	1	70	$\infty$	1	42	90	22	202	50			
	B-G2	1	105	$\infty$	1	65	130	52	53	106			

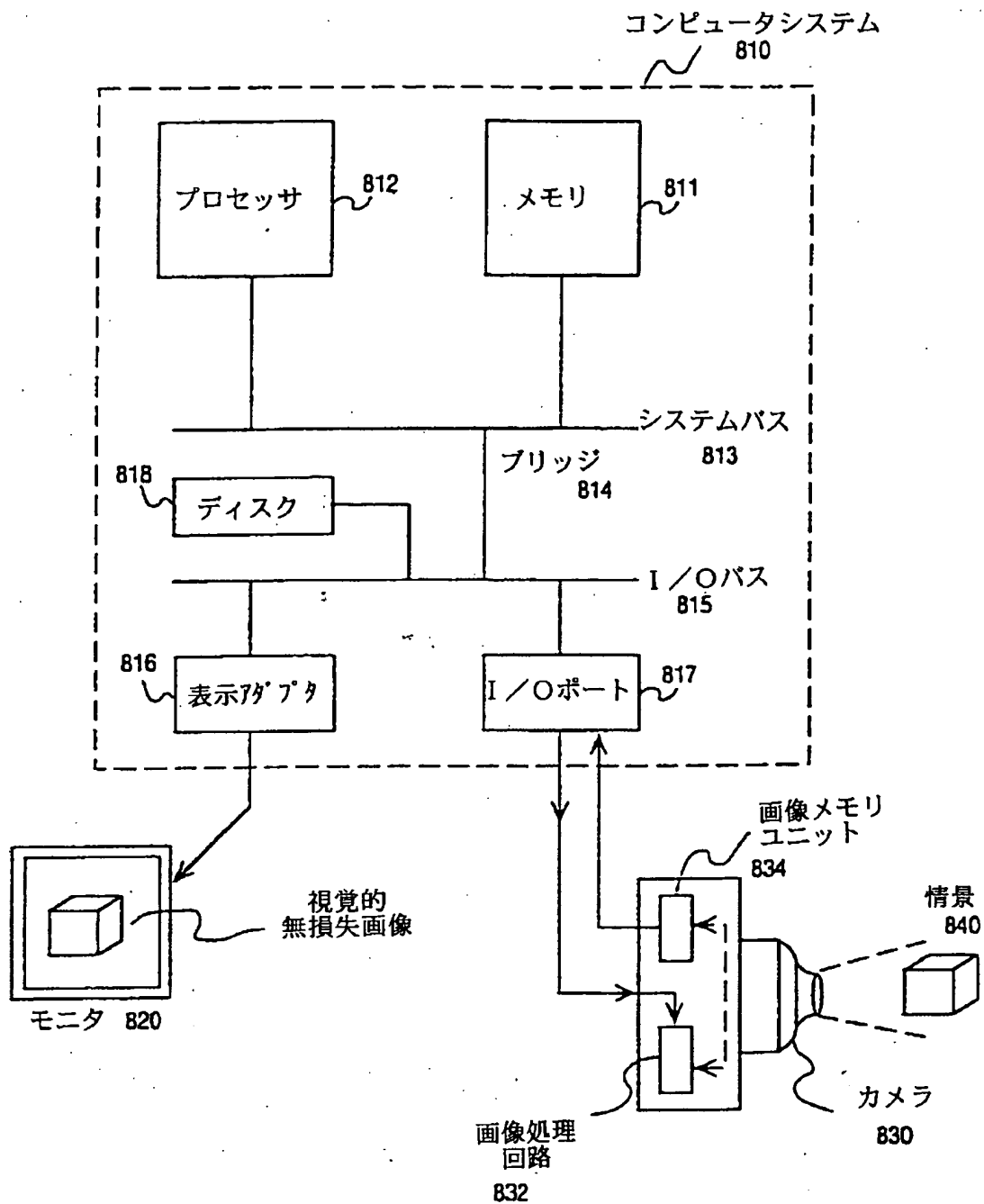
【図6】



【図 7】



【図8】



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US99/10605

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC(6) : H04N 7/32

US CL : 348/398

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

U.S. : 348/397-398, 437-438; 382/240, 244; H04N 7/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

APS

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,602,589 A (VISHWANATH ET AL) 11 February 1997, figs. 3, 6-7, 9, 11, col. 2, lines 37-48, col. 6, lines 1-67.	1, 13, 19-20
Y,P	US 5,850,482 A (MEANY ET AL) 15 December 1998, figs. 2, 7, col. 9, lines 31-67, col. 2, lines 1-67.	1, 13, 19-20
Y,P	US 5,880,856 A (FERRIERE) 09 March 1999, figs. 4-7, col. 4, line 1-43, col. 5, begin line 42 to col. 8, lines 1-24.	1, 13, 19-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	*T	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*X	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"B" earlier document published on or after the international filing date	*Y	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*A	document member of the same patent family
"O" document relating to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search

16 JULY 1999

Date of mailing of the international search report

09 SEP 1999

Name and mailing address of the ISA/US  
Commissioner of Patents and Trademarks  
Box PCT  
Washington, D.C. 20231

Facsimile No. (703) 305-3230

Authorized officer

VU LE

Telephone No. (703) 308-6613

Form PCT/ISA/210 (second sheet)(July 1992)\*

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(72)発明者 マリノ, フランシスコマリア  
アメリカ合衆国・85281・アリゾナ州・テンペ・イースト レモン ストリート・  
1019・アパートメント 125

Fターム(参考) 5C057 AA06 CC04 DA03 EA01 EA02  
EF05 EM01 EM07 EM11 EM16  
GJ01 GJ02  
5C059 KK02 KK13 KK38 LB13 LB15  
MA01 MA24 MB14 MC11 PP15  
SS26 TA46 TA68 TB17 TC06  
TC24 UA05 UA11  
5C078 AA09 BA53 CA31 DA01 DA02  
DB07 DB19